

Aus dem Röntgeninstitut und der Strahlentherapeutischen Abteilung
am Städtischen Krankenhaus Moabit
Dirig. Arzt: Professor Dr.med. Rudolf Birkner

ANALYSE DER PRAKTISCHEN ANWENDUNG
VERSCHIEDENER SCHICHTVERFAHREN

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

an den

Medizinischen Fachbereichen der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Klaus Oldenburg

aus Berlin

1971

Aus dem Röntgeninstitut und der Strahlentherapeutischen Abteilung
am Städtischen Krankenhaus Moabit
Dirig.Arzt: Professor Dr.med. Rudolf B i r k n e r

ANALYSE DER PRAKTISCHEN ANWENDUNG VERSCHIEDENER
SCHICHTVERFAHREN

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den
Medizinischen Fachbereichen der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Klaus Oldenburg
aus Berlin

Referent: Professor Dr.med. Rudolf B i r k n e r
Korreferent: Professor Dr.med. Heinz O e s e r



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche der
Freien Universität Berlin

Promoviert am: 24. Februar 1971

Analyse der praktischen Anwendung verschiedener Schichtverfahren

Inhaltsverzeichnis

- A. Einführung
- B. Die Bedeutung des Schichtverfahrens in
der Röntgendiagnostik
- C. Technik
- D. Demonstration der Erfahrungen mit der Anwen-
dung verschiedener Verwischungsarten anhand
von ausgewählten Fällen
- E. Auswertung und Diskussion
- F. Zusammenfassung

Quellennachweis

A. Einführung

Seit der Patentschrift von BOCAGE 'Procédé et dispositifs de radiographie sur plaque en mouvement' und seit den Formulierungen von ZIEDSES des PLANTES 1922 und BARTELINK 1928 ist eine Vielzahl von Veröffentlichungen erschienen, die sich mit dem Körperschichtverfahren beschäftigen.

Wichtig erscheinen hier die Arbeiten, die sich vergleichend mit den Vor- und Nachteilen der einzelnen Verwischungsverfahren beschäftigen.

Allem voran steht das Postulat von Ziedses des Plantes: Eine Abbildung erfolgt auf dem Röntgenfilm, wenn eine Grenzfläche tangential getroffen wird und der Tangentialpunkt in der Einstellungsebene liegt.

Interessant die ablehnende Haltung GROSSMANN'S (8) gegenüber der mehrdimensionalen Verwischung. In der zweiten Hälfte der fünfziger Jahre erscheinen dann die grundlegenden Arbeiten, die sich mit den Vorteilen der pluridirektionalen Verfahren in ihrer praktischen Anwendung beschäftigen. So sagt FREY (6) und er demonstriert dies an Schichtaufnahmen des Felsenbeines, daß der Wegfall der gerichteten Störschatten und Störlichter mehr den Eindruck einer gleichmäßigen zusammenhängenden nicht deformierten Abbildung hervorruft. Er vertritt die Auffassung, daß die mehrdimensionale Verwischung dem anatomischen Substrat abbildungsmäßig am nächsten kommt. Und er schreibt auch, daß an unübersichtlichen Körperteilen mit großen Kontrastdifferenzen Störschatten die kleineren Details oft überdecken. Dies lediglich auf die lineare Verwischung bezogen.

STIEVE stellt in seiner Veröffentlichung (12) besonders die hypocyclöide Verwischung heraus . Auch BAIER (1) gibt der mehrdimensionalen Verwischung für den HNO - ärztlichen Bereich den Vorzug. ZIEDESSES des PLANTES erörtert noch einmal im Jahre 1964 die geometrischen Probleme der Tomographie und bringt auch Vergleichsaufnahmen mit geradliniger, spiralförmiger und mit kreisförmiger Röhrenbewegung (16) .

Wichtig für Fragen der Weichteilgewebsdiagnostik erscheint mir dann die Monographie von BLOEDNER (3) , der anhand von Lungenschichtbildern die Vorteile der mehrdimensionalen und besonders der elliptischen Verwischung demonstriert und auch nachweist, daß störende Bewegungsunschärfen durch Herz- und Gefäßpulsationen während der Belichtungszeit von 2,5 bzw. 5,0 sec, nicht erkennbar werden.

Für das Gebiet der Zonographie gibt WESTRA (15) gerade der mehrdimensionalen Verwischung den Vorzug und führt dafür auch andere Autoren wie WAARD (14), LINDBLOM (9), COVA , POMPILI (5) und PIGNATARO (10) an .

B. Die Bedeutung des Schichtverfahrens in der Röntgendiagnostik

Die normalen Übersichtsaufnahmen in der täglichen Röntgendiagnostik sind Summationsaufnahmen mit allen ihren Vor- und Nachteilen. In der Schichtaufnahmetechnik lassen sich überlagerungsarme Bilder und Darstellungen interessierender Details einer solchen Summationsaufnahme gewinnen. Eine Überlagerungsfreiheit allerdings läßt sich nicht erzielen, da zwar eine bestimmte Gewebeschicht mit allen ihren Einzelheiten sich auf der Schichtaufnahme darstellen läßt, aber immer eine verwischungsbedingte Störschattenüberlagerung in Kauf zu nehmen sein wird. Gleichgültig ob es sich um eine einfache lineare oder um eine mehrdimensionale Verwischung handelt. Durch die Schichtaufnahmetechnik ist eine wesentliche Bereicherung der Röntgendiagnostik gegeben. Es wird ermöglicht zu Röntgendiagnosen zu kommen, die sonst an der Übersichtsaufnahme allein nicht zu stellen wären, z.B. auch mit exakten Angaben der Lokalisation der gefundenen pathologischen Veränderungen. Die Schichtaufnahme ist in den meisten Fällen der klare Beweis für eine vom Röntgenologen von der Summationsaufnahme her bereits vermutete Diagnose. Sie muß also von der Technik her so klar gestaltet sein, daß der Beweis auch für den mit der Röntgendiagnostik und mit der Befundung von Röntgenbildern nicht allzu vertrauten Kliniker klar erbracht ist. Die Schichtaufnahme sollte also nicht dazu dienen, die Inkompetenz des Arztes auszugleichen, der Röntgenbilder zu befunden hat; d.h. eindeutige, bereits auf Übersichtsaufnahmen zu erhebende Befunde sollten nicht der Sicherung durch Schichtaufnahmen bedürfen. Auch ist das Schichtaufnahmeverfahren keine Suchmethode für pathologische Veränderungen, wenn ein solcher Befund auf der Übersichtsaufnahme fehlt. Auch ersetzen Schichtaufnahmen nicht die Unfähigkeit zur Anfertigung von

einwandfreien Spezialaufnahmen, z.B. nach SCHÜLLER oder STENVERS, die ja z.B. im Felsenbeinbereich bereits eine überlagerungsfreie Darstellung dieser Region allein von der einfachen Röntgenaufnahme her gestatten. Es ist bewußt auf die Erwähnung des transversalen Schichtverfahrens verzichtet worden, da diese nicht zum Thema eines Vergleichs ein- und mehrdimensionaler Verwischungsverfahren gehört.

C. Technik

Um ein möglichst "überlagerungsfreies" röntgenographisches Bild einer bestimmten Objekt- bzw. Körperschicht zu erhalten, bedient man sich des Schichtaufnahmeverfahrens, das die isolierte Darstellung einer bestimmten für den Röntgenologen interessanten Körperschicht unter mehr oder weniger weitgehender Verwischung der davor und dahinter gelegenen Strukturen erlaubt. Das Prinzip des Schichtverfahrens besteht in der koordinierten Bewegung entweder von Röhre und Film oder aber von Patient bzw. Objekt und Film bei Einhaltung weitgehender Konstanz der Abstandsverhältnisse Röhre/Film, Röhre/Objektschicht bzw. Objektebene und Objektschicht/Film, um eine Verwischung der nicht in der gewählten Schichtebene liegenden und damit störenden Strukturen zu erreichen.

Während zur Erzielung transversaler Schichten die Bewegung des Patienten und des Filmes bei feststehender Röhre zur Anwendung kommt, dürfte sich ja wohl die koordinierte und gegensinnige Bewegung von Röhre und Film bei ruhendem Objekt für Schichtaufnahmen in der Körperlängsachse durchgesetzt haben. Wir haben zu unterscheiden zwischen der Möglichkeit einer einseitig gerichteten, also linearen Verwischung und der Möglichkeit der kreisförmigen, elliptischen, kleeblattförmigen oder hypocycloiden Verwischung. Jedenfalls haben sich diese Verwischungsarten bis heute am besten bewährt und durchgesetzt. Der Vorteil der mehrdimensionalen Verwischungsarten besteht in einer weitgehenden Auslöschung der störenden überlagernden Strukturen, indem sie auf einer größeren Fläche als bei der linearen Methode verwischt werden. Sie bieten auch den Vorteil einer der gewählten Schichttiefe getreueren Abbildung. Der Nachteil dieser Methoden gegenüber der linearen Verwischung besteht in der Schwierig-

keit einer exakten technischen Verwirklichung in der Gerätekonstruktion und vielleicht auch in einer Kontrastarmut der gewonnenen Röntgenaufnahme, die wohl weitgehend durch die in der Fläche größere Strukturverwischung schichtfremder Objekte bedingt sein dürfte. Gerade die lineare Methode, die sich technisch-konstruktiv einfacher verwirklichen ließ, ist ja bekannt für ihre "Störschattenbildung" und für das Hereinholen fremder, nicht in der Schichtebene gelegener Strukturen. Die hier vorliegenden Schichtaufnahmen sind mit einem Gerät (Multiplanigraph der Firma Siemens) angefertigt worden, das folgende Möglichkeiten bietet:

1. die sogenannte dicke lineare Schicht mit einem Pendelwinkel von 10° bei mittlerer Schichthöhe von 12,5 cm. Die entsprechenden, am Gerät einstellbaren und von vornherein festgelegten Belichtungswerte sind 0,2 sec. und 0,4 sec.
2. die sogenannte dünne lineare Schicht mit einem Schichtwinkel von 30° bezogen auf die mittlere Schichthöhe von 12,5 cm. Die entsprechenden Belichtungswerte, die ebenfalls durch die Konstruktion des Gerätes festgelegt sind, betragen 0,6 oder 1,2 sec.
3. die kreisförmige Schichtaufnahme mit einem Pendelwinkel von 30° bezogen auf die mittlere Schichthöhe von 12,5 cm.
4. die elliptische Schichtaufnahme mit einem Pendelwinkel von 40° in der Hauptachse und 30° in der Nebenachse.

Die Belichtungszeiten für die kreisförmige und die elliptische Schichtaufnahme sind mit 2,5 sec. oder 5,0 sec. festgelegt; (mittlere Schichthöhe 12,5 cm).

Bei der sogenannten dicken linearen Schicht mit 10^0 Pendelwinkel beträgt die Schichttiefe bis zu 2 cm. Bei der dünnen linearen, der kreisförmigen und der elliptischen Schichtaufnahme hat man mit einer Schichtdicke von 1 bis 2 mm zu rechnen.

Zonographie-Aufnahmen wurden mit dem Universalplanigraphen der Firma Siemens angefertigt. Der Pendelwinkel beträgt 5^0 mit einer Belichtungszeit von 1,25 sec.

D. Demonstration der Erfahrungen mit der Anwendung
verschiedener Verwischungsarten anhand von aus-
gewählten Fällen

Die Abbildung 1 zeigt als Übersichtsaufnahme bereits sehr schön die im Pankreasverlauf gelegenen und diesen kennzeichnenden Verkalkungen. Besser kommt dieser Befund aber auf der Schichtaufnahme (1 a) heraus und zwar durch die Schattenelementelimination der überlagernden Wirbelsäule, obwohl diese - hier in linearer Längsverwischung - nicht als optimal bezeichnet werden kann.

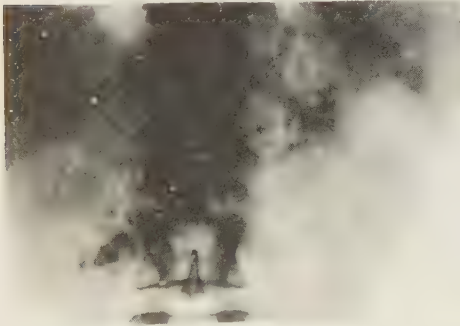


Abbildung 1

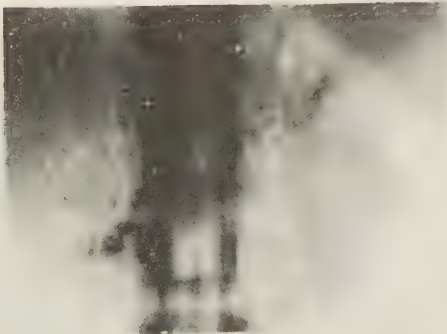


Abbildung 1 a

Die Vorteile einer überlagerungsarmen Darstellung und die hervorragende Bildqualität, die sich bei optimaler Belichtung ergibt, soll auch die Abbildung 2 eines großen Aortenaneurysmas illustrieren:

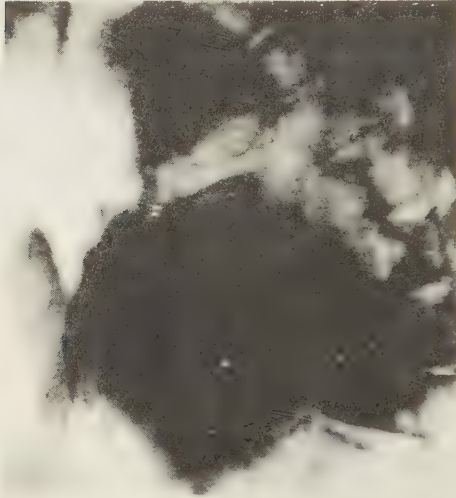


Abbildung 2

Dem gleichen Zweck dient der Vergleich der Übersichts- und Schichtaufnahme des Larynxgebietes der Abbildung 3 a und b.

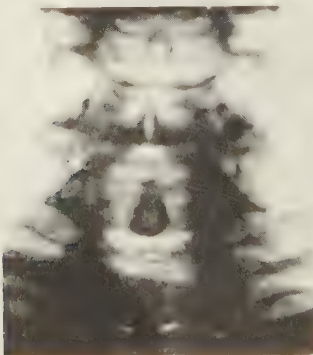


Abbildung 3 a



Abbildung 3 b

Den Befund einer in der elliptischen Verwischung scharf gezeichneten Frakturlinie im rechten ~~6s~~ frontale illustriert die Abbildung 4 a. Allerdings wirkt der Verwischungseffekt mit der Deformierung der Schädelumrisse ungewohnt. Eine nachteilige deutliche bildmäßige Beeinflussung des Verlaufs dieser Frakturlinie findet dagegen in der linearen Längsverwischung statt (Abbildung 4 b).

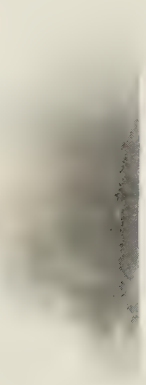


Abbildung 4 a



Abbildung 4 b

Um auch das Gebiet der Schädelröntgenologie nicht zu übergehen, sei die folgende Bildserie demonstriert, bestehend aus drei Aufnahmen des Sellagebietes, alle direkt aufeinanderfolgend in der gleichen Schichttiefe angefertigt. In diesem Fall war klinisch der dringende Verdacht auf ein Hypophysenadenom ausgesprochen worden. In der Qualität sind lineare (5 a) und kreisförmige (5 b) Verwischung äquivalent. Beide zeigen sauber gezeichnete Konturen der Sella turcica, beide lassen in der diagnostischen Auswertbarkeit nichts zu wünschen übrig, allerdings kommt die Keilbeinhöhle

in der kreisförmigen Verwischung besser und stör-
schattenfreier zur Darstellung. Als ungenügend
muß dagegen die elliptische Verwischung (5 c) be-
zeichnet werden. Sie bietet eine stärkere Kon-
trastarmut und unsaubere Randzeichnung, Auf-
fälligerweise aber eine scharfe Abbildung der
ventralen Kontur des dargestellten Keilbeinhöhlen-
anteils.



Abbildung 5 a



Abbildung 5 c



Abbildung 5 b

Wir sehen jetzt die Abbildung eines Skelettprä-
parates des Felsenbeines. Die Aufnahmen lassen
eine deutliche und gute Kontrastbildung der
linearen Verwischung (6 a) erkennen, jedoch ist
die kreisförmige Schicht (6 b) in der Zeichnungs-
schärfe insbesondere auch der Bogengangsgebiete
durchaus optimal. Die elliptische Verwischung
- in ihrer Störschattenarmut der linearen bei
weitem vorzuziehen - zeichnet sich auch hier

durch eine leichte Randunschärfe aus, z.B. bei genauer Betrachtung des linken lateralen Begengangs. Insgesamt also eine leichte Strukturverwaschenheit. (Elliptisch Abbildung 6 c.)



Abbildung 6 a

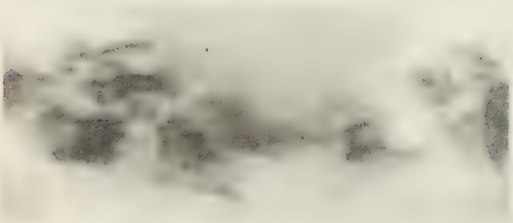


Abbildung 6 b

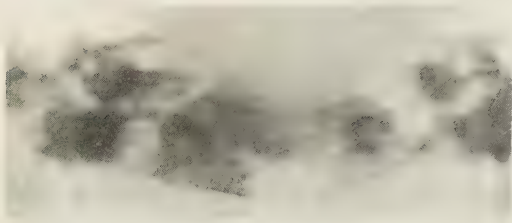


Abbildung 6 c

Die Abbildungen 7 a, b und c stammen von einem Verkehrsunfallverletzten bei dem im Zuge der Frakturdiagnostik eine horizontale Schichtuntersuchung beider Felsenbeine nach BIRKNER (2) vorgenommen wurde. Auch hier zum Vergleich in der Schichttiefe von 12,2 cm die kreisförmige (7 a), die elliptische (7 b) und die lineare (7 c) Verwischung. Um genaue Einzelheiten - insbesondere den Verlauf einer Frakturlinie (Innenohrbeteiligung) - differenzieren zu können, erscheint die lineare Verwischung (7 c) völlig unbrauchbar, die elliptische (7 b) sicherlich überlegen, ohne daß aufgrund dieses Falles besondere Vorteile der kreisförmigen Verwischung gegenüber der elliptischen erkennbar wären. Offen bleiben muß natürlich, ob während der drei aufeinanderfolgenden Aufnahmen eine leichte Kopfbewegung des Patienten stattgefunden hat, obwohl man bei Betrachtung des Foramen occipitale magnum auch hier den Eindruck einer klareren Konturzeichnung in der Kreisschicht hat.

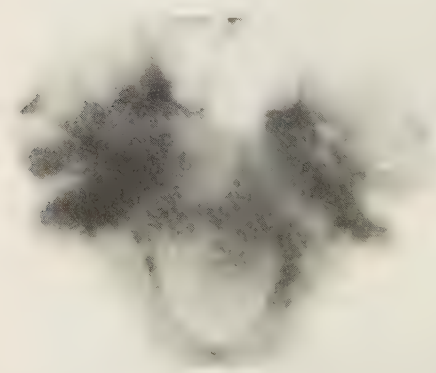


Abbildung 7 a



Abbildung 7 b



Abbildung 7 c

Gegenübergestellt nun die Bilder eines Zustandes nach Radikaloperation eines malignen Tumors, der die linke Kieferhöhlenregion erfaßt hatte. Wiederum klare Detaillierkennbarkeit (bei gleicher Schichttiefe und Belichtung in Rückenlage des Patienten.) der kreisförmigen Schicht (8 a), während feinere Details in der elliptischen Ver-

wischung (8 b) völlig verloren gehen. Interessant noch die scheinbare Deformierung der Schädelumrisse in den pluridirektionalen Schichten. Dies muß mehr oder weniger im Sinne eines Störschattenverwischungseffektes angesehen werden; im Sinne einer tiefengetreuen Abbildung - und den anatomischen Gegebenheiten gerecht werdend - sieht man jedoch normale topographische Verhältnisse der in der Schichtebene gelegenen Anteile z.B. der rechten Kieferhöhle.



Abbildung 8 a



Abbildung 8 b

Zuletzt noch die Schichtbilder eines Skelettpräparates des Mastoidzellsystems, die Bilder sprechen für sich. Die lineare Verwischung (9 a) mit ihren Störlichtern ist unzulänglich, die elliptische Verwischung (9 b) auch hier wieder der kreisförmigen (9 c) in der Detailzeichnung unterlegen. Eine leichte Verwaschenheit des elliptischen Schichtbildes (9 b) kann wohl nicht geleugnet werden.



Abbildung 9 a, 10,6 cm, linear



Abbildung 9 a, 11,0 cm, linear

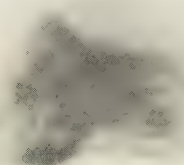


Abbildung 9 b, 10,6 cm, elliptisch

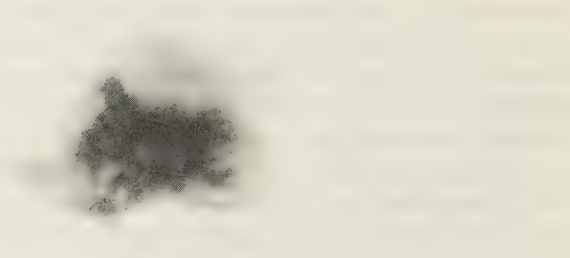


Abbildung 9 b, 11,0 cm, elliptisch



Abbildung 9 c, 10,6 cm, kreisförmig

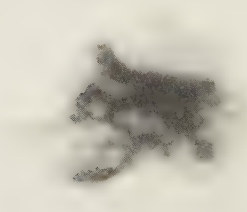


Abbildung 9 c, 11,0 cm, kreisförmig

Von dem Fall einer Dens axis-Fraktur (10) soll nur diese eine Aufnahme vorgelegt werden, sie ist in kreisförmiger Verwischung angefertigt worden; trotz der Abbildung einer nur schmalen Gewebeschicht genügt diese qualitativ hochwertige Aufnahme - die mit maximalen mAs Werten belichtet

wurde - zur Diagnosestellung vollauf. Jedes Detail ist sauber gezeichnet. Diese Qualität dürfte weder durch die lineare noch durch die elliptische Verwischung erreicht werden.

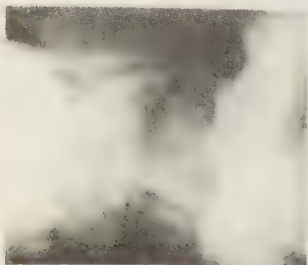


Abbildung 10

Es handelt sich hier um eine marmorknochenartige Verdichtung vorwiegend der rechtsseitigen und dorsalen Anteile des 2. Lendenwirbelkörpers (11 a, b, c, d). Eine Indikation für die Schichtuntersuchung des 2. LWK war hier sicherlich nicht gegeben, da allein schon die Übersichtsaufnahmen zur Abgrenzung des Befundes vollauf genügten. Auch retrospektiv muß gesagt werden, daß die Schichtaufnahme zur diagnostischen Klärung nicht weiter beigetragen hat. Dagegen war eine Indikation zur Schichtuntersuchung des Iliosakralgelenkbereiches hier durchaus gegeben. Die Beziehungen des im Os ilium gelegenen Verdichtungsbezirkes zum Gelenkspalt selbst kommen auf der Schichtaufnahme in 7 cm Tiefe (dicke Schicht, lineare Verwischung, 11 e) klarer und deutlicher als auf der Übersichtsaufnahme heraus.

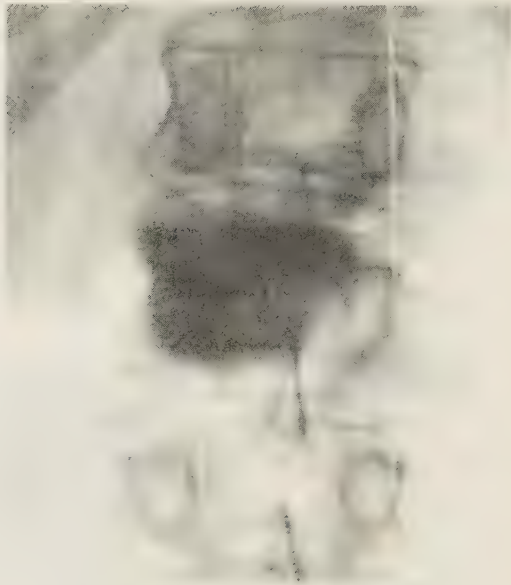


Abbildung 11 a



Abbildung 11 b



Abbildung 11 c



Abbildung 11 d



Abbildung 11 e

Es handelt sich hier um ein operiertes und nachbestrahltes Mammacarcinom. Wir sehen metastatische Veränderungen in den drei zentral dargestellten BWK. Im Gegensatz zur linearen Verwischung (12 a) hier in der kreisförmigen Schicht (12 b) eine sehr sauber gezeichnete Spongiosa- und Kortikaliszeichnung dieser drei Brustwirbel mit scharfer Absetzung der metastatischen Bezirke gegenüber den noch frei erscheinenden.



Abbildung 12 a



Abbildung 12 b

Alle drei Aufnahmen des folgenden Falles wurden unter annähernd gleichen Bedingungen in der Schichttiefe von 14,3 cm belichtet. Die lineare Verwischung (13 a) zeigt uns ein recht klares und scharfes Bild der unteren LWS mit glatter Konturierung und Kortikaliszeichnung. Das gleiche gilt auch für die kreisförmige Schicht (13 b), die offenbar entsprechend einer größeren Tiefentreue zu einer stärkeren Verwischung des ventral des 5. LWK gelegenen Kalkschattens geführt hat. Man sieht auch deutlich den rundlichen Störschatten als Verwischungseffekt, während die lineare Schicht (13 a) eine Auseinanderziehung dieses Kalkschattens in der Längsrichtung bewirkt hat, so daß dieser sich in den seitlichen Konturierungen relativ scharf darstellt. Insgesamt - soweit hier überhaupt von einer Spongiosazeichnung zu sprechen ist - würde man wohl der kreisförmigen Schicht (13 b) den Vorzug geben. Dagegen zeigt die elliptische Verwischung (13 c) eine

deutliche Randunschärfe der Wirbelkörperkonturen, die das gesamte Bild zu einer mangelhaften Qualität abstempelt. Eine sichere diagnostische Auswertbarkeit etwa in der Frage metastatischer Veränderungen ist aufgrund der elliptischen Schicht (13 c) sicherlich nicht gegeben. Bezüglich des Kalkschattens ist eine Änderung gegenüber der kreisförmigen Schicht (13 b) in der Verwischungsart und der Störschattenbildung nicht eingetreten. Daraus ist zu folgern, daß die kreisförmige Verwischung (13 b) in ihrer Tiefentreue in der Darstellung dieses Skelettabschnittes deutlich überlegen ist. Andererseits kann die lineare Verwischung (13 a) durchaus in Konkurrenz zur kreisförmigen treten. Allerdings verhindert die längsgerichtete Störschattenbildung eine eigentliche Spongiosadarstellung, so daß feinere Veränderungen - etwa metastatischer Natur - hier sicherlich nicht zu diagnostizieren wären, dies ganz im Gegensatz zur kreisförmigen Verwischung.

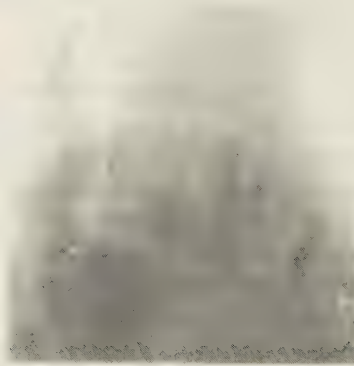


Abbildung 13 a



Abbildung 13 b



Abbildung 13 c

Noch klarer wird das Bild, wenn wir die folgenden Aufnahmen einer Patientin betrachten, bei der eine ausgedehnte Osteolytische Metastasierung der rechten Hüftgelenksregion und der angrenzenden Becken-

anteile vorlag. Im linearen Schichtbild (14 a) werden die osteolytischen Herde kontrastreich und relativ scharf wiedergegeben. In der kreisförmigen Verwischung findet sich in 13,5 cm Tiefe (14 b) eine scharfe Abbildung der längsovalen Osteolyse im Corpus ossis pubis. Dagegen sind in der kreisförmigen Schicht die von der linearen Verwischung her bekannten übrigen metastatischen Destruktionen nur andeutungsweise zu erkennen. Dies muß auf die schmalere Abbildungszone und auch auf die größere Tiefentreue und damit auch stärkere Strukturverwischung der Nachbarschaft zurückgeführt werden. Die elliptische Verwischung (14 c) weist auch in diesem Fall eine verwaschen wirkende Strukturzeichnung auf. Alle elliptischen Schichtaufnahmen - auch die in dieser Arbeit nicht abgebildeten Schichtaufnahmen der Nachbarschaft - zeichnen sich durch diese Strukturverwaschenheit aus. Bei der Betrachtung der Aufnahmen in elliptischer Verwischung kann man nur ahnen, daß es sich hier um osteolytische Metastasen handelt, so daß eine klare Darstellung nur durch die lineare - trotz der längsgerichteten Störlichter - und die kreisförmige Verwischung erzielt wird.

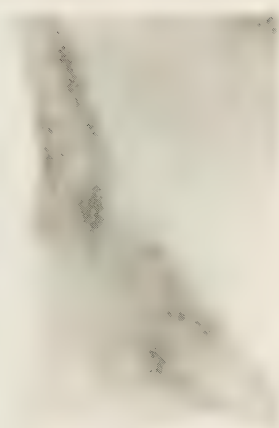


Abbildung 14 a, 8,5 cm, lin.

Abbildung 14 a, 13,5 cm, lin.



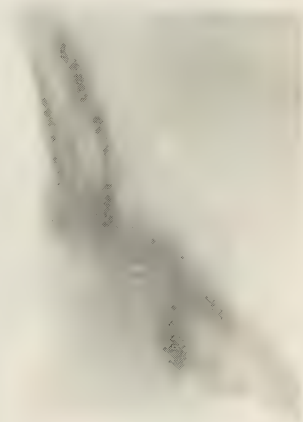
Abbildung 14 b, 8,5 cm



13,5 cm, kreisförmig



Abbildung 14 c, 8,5 cm



13,5 cm, elliptisch

Im folgenden Fall handelt es sich um eine auch klinisch bestätigte Osteomyelitis des linken Femurkopfes. In 12,0 cm Tiefe sehen wir die Vergleichsbilder der linearen, der elliptischen und der kreisförmigen Verwischung. Sicherlich hat man dank des größeren Kontrastreichtums den Eindruck eines größeren Objektfanges der linearen Schicht (15 a), ohne daß jedoch in diesem destruierten Bezirk des Femurkopfes feinere Einzelheiten scharf zur Darstellung kämen. Die elliptische Verwischung (15 b) bietet das Bild einer verwaschenen Struktur. Die kreisförmige Verwischung (15 c) läßt klare Einzelheiten der Destruktionen und der noch erhaltenen Spongiosa erkennen. Die folgenden Abbildungen 15 d und 15 e des gleichen Falles, jetzt in 10,5 cm Schichttiefe, zeigen einmal die Belichtung mit 80 kV und 200 mAs (15 d) bei 5 sec. Belichtungs- und Ablaufzeit und bei etwa gleicher Filmschwärzung eine Aufnahme mit 65 kV, 800 mAs und 5 sec, (15 e). Der Vergleich beider Bilder - beide in kreisförmiger Verwischung - läßt hier unwiderleglich einen wesentlichen größeren Kontrastreichtum mit einer besseren Detailerkennbarkeit der Aufnahme mit dem maximalen mAs-Wert (15 e) erkennen.

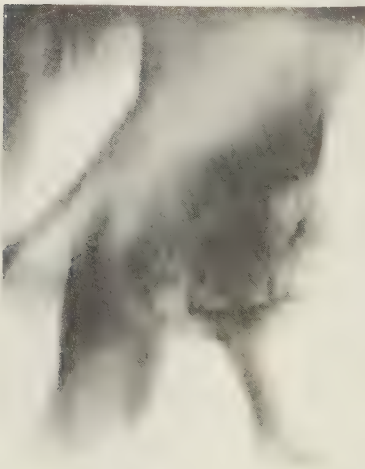


Abbildung 15 a



Abbildung 15 b



Abbildung 15 c

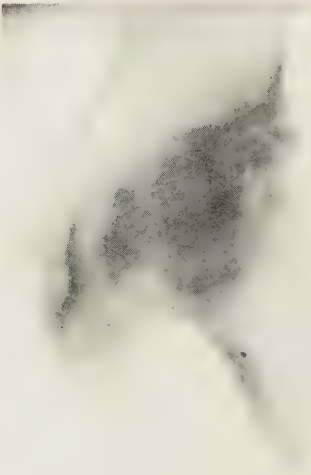


Abbildung 15 d

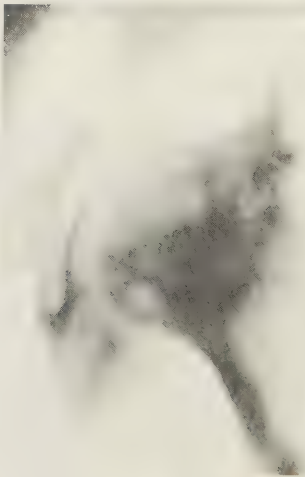


Abbildung 15 e

Der breitgestreuten Indikationsstellung diene folgender Fall einer Kontrolle nach Reposition einer rechtsseitigen Schultergelenksluxation. Die Übersichtsaufnahmen konnten infolge der Unbeweglichkeit der kaum ansprechbaren und desorientierten Patientin und infolge des Desaultverbandes ein einwandfreies Repositionsergebnis nicht sichern. Die röntgenologische Bestätigung der Reposition konnte erst durch die in dicker linearer Verwischung angefertigten Vergleichsaufnahmen beider Schultergelenke erfolgen (16 a und b).

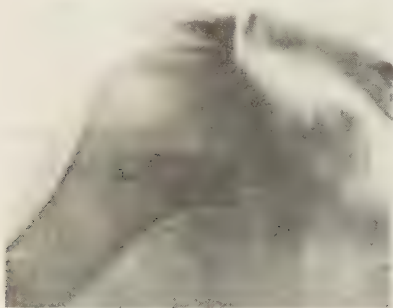
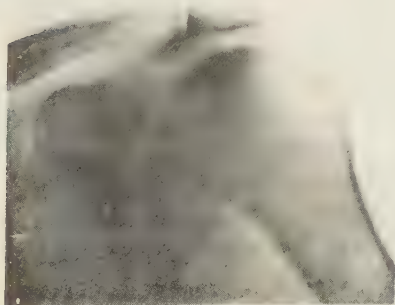


Abbildung 16 a



Es handelt sich um eine Sternumdarstellung mit der Frage nach metastatischen Destruktionen. Zwar zeigt auch die Längsverwischung der linearen dicken Schicht (17 a) eine recht plastische und gute Darstellung des Sternums, zumindest in seinen Bandkonturen. Eine eigentliche Knochenstruktur wird sich hier jedoch nicht differenzieren lassen. Zum Ausschluß einer Destruktion wird man erst durch die elliptische Schicht (17 b) kommen, wenngleich hier eine gewisse Kontrastarmut vorliegt. Dennoch muß das Bild als gut und diagnostisch auswertbar bezeichnet werden. Eine noch bessere Darstellung bringt die lineare Querverwischung (17 c); es handelt sich um eine Zonographie mit der Pendelachse 90° zur Längsachse des Sternums. Sie bringt eine außerordentlich plastische Darstellung des gesamten Brustbeins mit ebenso guter Strukturzeichnung, die praktisch jeden Destruktionsausschluß - in den Grenzen der röntgenologischen Detailerkennbarkeit - zuläßt.



Abbildung 17 a



Abbildung 17 b

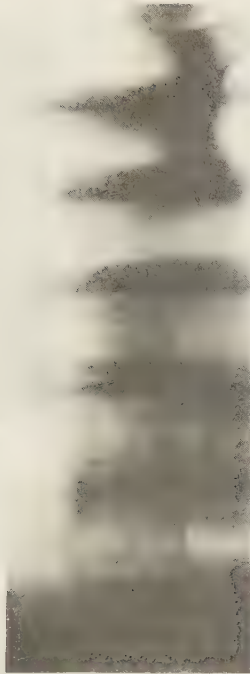


Abbildung 17 c

Die folgenden Bilder zeigen einen - leider nicht weiter geklärten - Tumor im Bereich der Articulation costovertebralis der 3. linken Rippe. Bei etwa gleichen Belichtungsbedingungen und gleicher Filmschwärzung stehen sich die "dicke" lineare Schicht (18 a) (18 e) und die kreisförmige (18 b) (18 d) jeweils in den Schichttiefen von 4,0 und 6,0 cm gegenüber. Gerade die kreisförmige Schicht in 6 cm (18 d) weist eine ganz saubere Innenstrukturzeichnung des zystisch-wabig erscheinenden Tumors auf. Dieser Befund läßt sich weder auf den Übersichtsaufnahmen noch auf den Aufnahmen der linearen Verwischung ablesen.

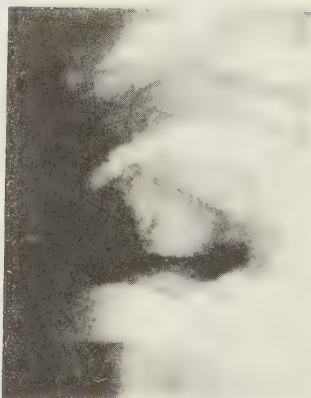


Abbildung 18 a
4,0 cm, dicke lineare

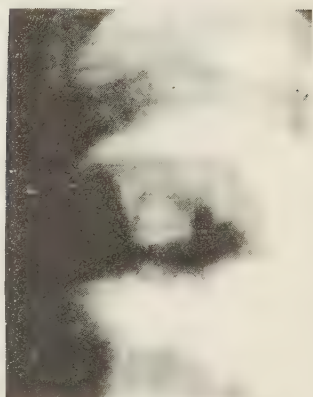


Abbildung 18 c
6,0 cm, dicke lineare

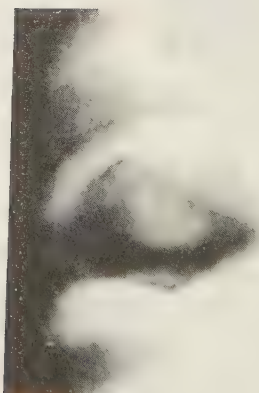


Abbildung 18 b
4,0 cm, kreisförmig

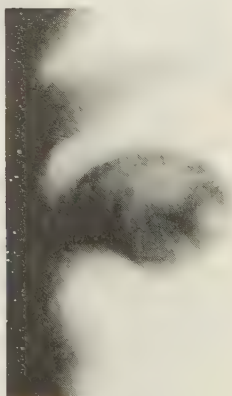


Abbildung 18 d
6,0 cm, kreisförmig

In Sonder- und Einzelfällen wird es auch einmal nötig sein eine Schichtuntersuchung durchzuführen, nicht um eine Überlagerungsarme Darstellung zu erzielen, sondern um eine Analyse einzelner Gewebeschichten in Millimeterabständen vornehmen zu können. Dieses Erfordernis war in dem vorliegenden Fall gegeben. Klinisch lag ein eindeutiger Frakturverdacht im Handwurzelbereich mit streng lokalisiertem Druck-, Spontan- und Bewegungsschmerz vor, so daß man sich nach negativem Ergebnis der Übersichtsaufnahmen entschloß, eine Schichtuntersuchung durchzuführen, die den Frakturverdacht nicht bestätigte. Die folgenden Abbildungen (19) seien nur zum Vergleich der verschiedenen Verwischungstechniken und ihrer Qualität vorgelegt. Die lineare Verwischung (19 a) versagt in der Zeichnung der Feinstruktur gerade dieses Gebietes völlig. Unzulänglich ist auch die elliptische Schicht (19 b). Eindeutig überlegen in ihrer fast malerischen Zeichnung und bildlichen Schönheit ist die kreisförmige Schicht (19 c), die in ihrer Klarheit der Struktur selbst durch eine Knochenschliffpräparat-Fotographie kaum zu übertreffen sein dürfte. Bei dieser Gelegenheit möchte ich darauf hinweisen, daß ich die Aufnahmen mit einem Belichtungswert von 35 kV und 600 mAs angefertigt habe. Mit höheren kV Zahlen hätte man sich wahrscheinlich die Qualität dieses Bildes zunichte gemacht.



Abbildung 19 a



Abbildung 19 b

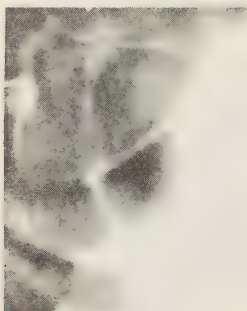


Abbildung 19 c

Die Indikation zur Schichtuntersuchung war hier insofern gegeben, als es um die überlagerungsfreie Darstellung schmaler Knochenzonen des Calcaneus ging, um hier mit Sicherheit eine klinisch vermutete Fraktur ausschließen zu können. Die lineare Verwischung war infolge der langsggerichteten Störschattenlinien der weichen eingeblendeten Übersichtsaufnahmen nicht überlegen. Gezeigt wird hier die Gegenüberstellung der kreisförmigen (20 a) und elliptischen (20 b) Schichtaufnahme, beide in 2,5 cm Tiefe und unter annähernd gleicher Filmschwärzung bei gleichen kV und mAs Werten. So sieht man auch hier eine ganz erhebliche Unschärfe der Spongiosadarstellung des Calcaneus, ganz zu schweigen auch von den relativ deutlichen Randunschärfen. Die kreisförmige Verwischung (20 a) mit ihrer klaren Spongiosadarstellung - offenbar nur einer schmalen Gewebeschicht - und mit ihrer sauberen Kortikaliszeichnung zeigt sich auch hier überlegen. Ein feinerer Frakturspalt oder eine Zerrüttungszone würden sicherlich in der elliptischen Verwischung (20 b) untergehen.



Abbildung 20 a

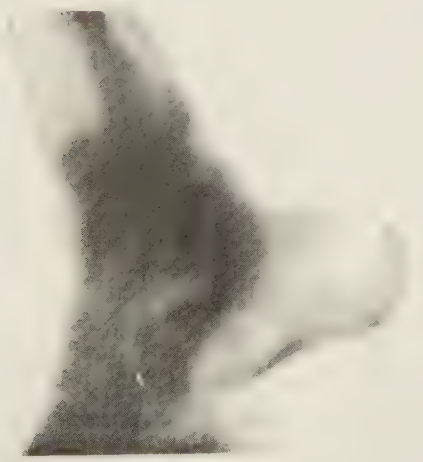


Abbildung 20 b

Die Abbildung 21 a und b eines rechten Sprunggelenkes, hier in der Tiefe von 4,5 cm bieten eine klare Knochenstruktur in der Kreisschicht (21 a), so daß die jede Spongiosa auslöschende Längsverwischung der linearen Schicht (21 b) als außerordentlich störend empfunden werden muß. Vorteile hätte auch eine Änderung der Pendelrichtung um 90° zur Extremitätenlängsachse nicht gebracht. Es ging um den sicheren Ausschluß einer Fraktur. Interessant dabei ist, wie die kreisförmige Schicht (21 a) - deutlicher als die lineare - die Vermutung einer Fibulafraktur aufkommen läßt. Die genaue Bildanalyse deckt aber die Überlagerung durch die laterale Tibiakontur auf. Dieser Täuschungseffekt wirkt zunächst einmal außerordentlich frakturverdächtig, jedoch erfolgt der sichere Frakturausschluß durch die folgenden Schichtaufnahmen in 5,5 und 6,5 cm Tiefe (21 c); hier sieht man eine einwandfreie laterale Corticalis und eine einwandfreie Struktur der Fibula. Klinischer Verlauf und spätere Übersichtskontrollaufnahmen sprachen ebenfalls gegen eine traumatische Knochenläsion. Es muß also auf die Gefahr hingewiesen werden, die durch Täuschungseffekte auch der kreisförmigen Verwischung zustande kommt, wenn in direkter Nachbarschaft stark schattengegebende Strukturen vorhanden sind. Allerdings dürfte eine genaue Analyse auch der angrenzenden Gewebeschichten selbstverständlich sein.

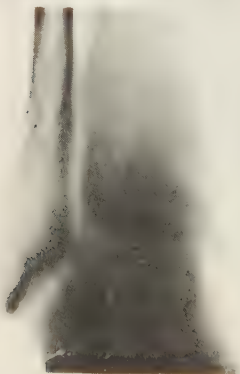


Abbildung 21 a

Abbildung 21 b



Abbildung 21 c

Abbildung 22 a ist eine Trachealschicht, der gegenüber die Abbildung 22 b nach Einschaltung eines sogenannten Hilusfilters den Vorteil einer weniger starken Überbelichtung der Hili und auch des tuberkulös veränderten rechten Oberfeldes bietet. Nach Erhöhung des mAs-Produktes von 64 auf 400 (85 bzw. 60 kV) läßt Abbildung 22 c eine kontrastreichere und deutlichere Darstellung des Abbruches des rechten Stammbronchus (hier konnte ein Tumor gesichert werden) und auch der Veränderungen im rechten Oberfeld erkennen. Eine geringere Filmschwärzung der Abbildung 22 d (50 kV, 500 mAs) bleibt ohne erkennbare Vorteile. Die kreisförmige Verwischung mit einer Belichtung von 85 kV/80 mAs (22 e) bietet eine relativ gute Darstellung von Trachea und Bifurkation, während die offenbar doch außerhalb der Schichtebene gelegenen Einschmelzungsbezirke des lateralen Oberlappenanteiles im Gegensatz zur linearen Schicht (22 c) - diese ebenfalls in 9 cm Tiefe - nur andeutungsweise zu sehen sind.



Abbildung 22 a



Abbildung 22 b



-Abbildung 22 c



Abbildung 22 d

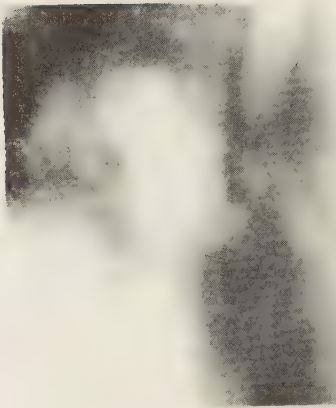


Abbildung 22 e

In dem vorliegenden Fall einer tumorbedingten Totalatelektase der linken Lunge wurde der Versuch einer Kontrastmittelfüllung des Ösophagus in der Schichtuntersuchung durchgeführt, um die Beziehungen zum Tumor und Bronchialsystem klarer darzustellen. Sehr schön und überlagerungsarm ist die Schleimhautzeichnung des bereits tumorummauerten Bezirkes (23 d, kreisförmig), die der Darstellung im Übersichtsbild (Abbildung 23 a und b) überlegen zu sein scheint. Dabei würde man der linearen Verwischung (23 c) - wohl aufgrund der durch die Längsverwischung bedingten schärferen Konturen und auch aufgrund der etwas dickeren Gewebeschicht - den Vorzug geben.

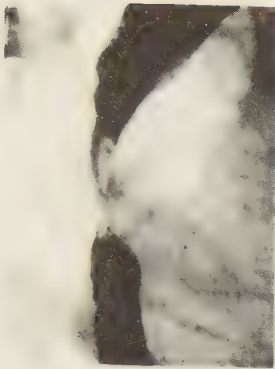


Abbildung 23 a



Abbildung 23 b



Abbildung 23 c, Prallfüllung



Abbildung 23 c
dünner Brei



Abbildung 23 c
dicker Brei



Abbildung 23 d
7,0 cm, kreisförmig

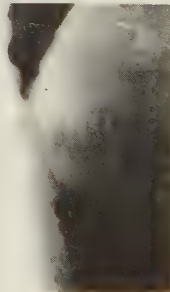


Abbildung 23 d
7,5 cm, kreisförmig

Der folgende Fall demonstriert bei einer tumorbeding-
ten Totalatelektase der linken Lunge die sehr klare
Darstellung des Bronchialabbruches in der kreisförmigen

Verwischungsart (24 a), während die lineare Verwischung (24 b) auch hier eindeutig unterlegen erscheint. Allerdings mit der Einschränkung, daß es sich bei der linearen Verwischung (24 b) um eine Simultanschicht handelt.

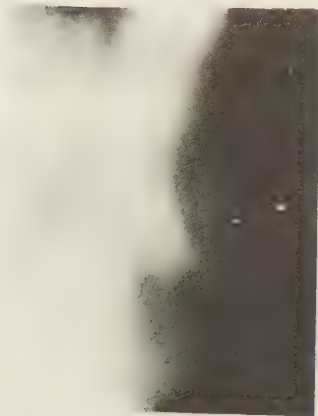


Abbildung 24 a



Abbildung 24 b

Die Abbildung 25 a und b dienten zur Darstellung einer intrapulmonalen Metastase der linken Spitze bei einem Mammacarcinom. Gegenübergestellt die kreisförmige (25 a) der elliptischen (25 b) Verwischung. Bemerkenswert bei diesem dorsal und subpleural gelegenen Befund die stärkere Randkonturverwischung der überlagernden Rippen durch die elliptische Schicht (25 b). Eine derartige Verwischung der Rippen ist allerdings in der kreisförmigen Schicht (25 a) nicht gegeben, dennoch wird diese wegen der besseren Detaildarstellung der Innenstruktur mit einer linsengroßen zentralen Aufhellung dieses Schattengebildes vorzuziehen sein.



Abbildung 25 a

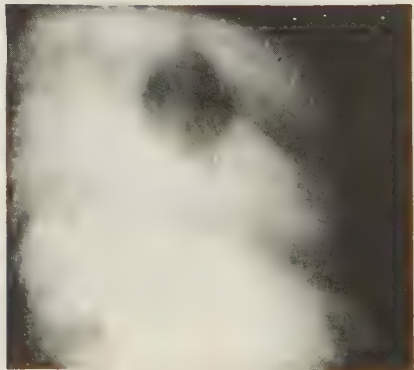


Abbildung 25 b

Es folgt eine Einzelaufnahme der rechten Lungenspitze, die ältere tuberkulöse Veränderungen zeigt. Der Vergleich zu den vorangegangenen Bildern bedarf eigentlich hinsichtlich der Bildgebung keines Kommentars; es handelt sich um eine Hartstrahlschichtaufnahme (26) mit kreisförmiger Verwischung (125 kV) ohne jeden Kontrast - es heben sich lediglich die Verkalkungen heraus - mit völlig ungenügender Abbildung der pathologischen Veränderungen.

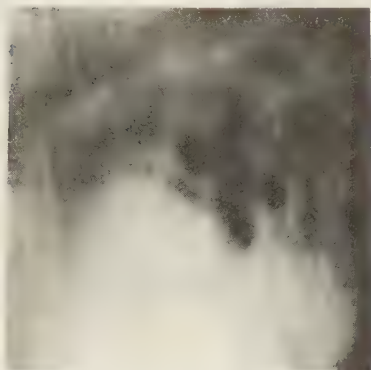


Abbildung 26

Dieser intrapulmonaler Verdichtungsbezirk (27 a und b) stellte sich als tumoröse Neubildung heraus. Das schräg- mehr horizontal als senkrecht- hindurchziehende Bronchiallumen kommt im Gegensatz zur linearen Verwischung (27 a) erst auf dem kreisförmigen Schichtbild (27 b) klar und deutlich heraus.



Abbildung 27 a

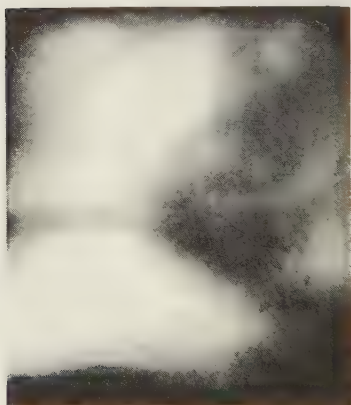


Abbildung 27 b

In linearer und kreisförmiger Verwischung folgen Simultanschichtaufnahmen. Zwar sieht man auf dem Bild der kreisförmigen Verwischung (28 a) sehr deutlich die peripheren Lungengefäße. Die lineare Ver-

wischung (28 b) mit ihrem Kontrastreichtum dürfte aber diagnostisch besser auswertbar sein. Zur Demonstration der Überlegenheit der linearen Einzelschicht sei diese (28 c) der Simultanschicht gegenübergestellt.



Abbildung 28 a
9,0 cm, kreisförmig, simultan

Abbildung 28 a
10,0 cm, kreisförmig, simultan



Abbildung 28 b
9,0 cm, linear, simultan

Abbildung 28 b
10,0 cm, linear, simultan

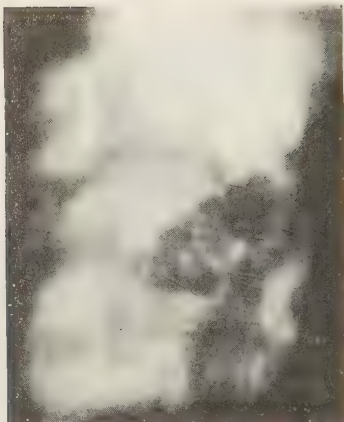


Abbildung 28 c
9,0 cm, linear, Einzelschicht



Abbildung 28 c
10,0 cm, linear, Einzelsch.

Wir sehen jetzt im Vergleich linear (29 a), ellip-
tisch (29b) und kreisförmig (29c) wiederum in der
Darstellung der linken Lungenspitze. Die bessere
Zeichnungsschärfe der kreisförmigen Verwischung kommt
auch hier zur Geltung.

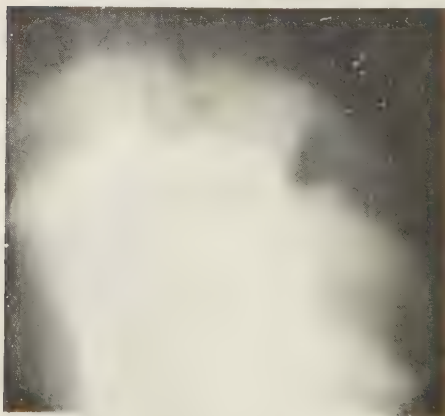


Abbildung 29 a



Abbildung 29 b



Abbildung 29 c

Die folgende Abbildung in der kreisförmigen Verwischung (30 a) zeigt eine gute Wiedergabe der tuberkulösen Veränderungen. Dagegen steht bei gleicher Belichtungs-

technik die elliptische Verwischung (30 b) mit der deutlich unscharfen Lungenzeichnung. Dieser Fall soll aber auch der folgenden Demonstration dienen: die dünne Schicht in der linearen Verwischung (30 c) unter etwa vergleichbaren Belichtungsbedingungen zeigt die deutliche Längsverwischung, so daß außer der tiefergetreueren Darstellung die Qualität der Bildzeichnung auch hier für die kreisförmige Schicht (30 a) spricht. Der dünnen linearen Schicht (30 c) wiederum äquivalent erscheint die mit kleinem Pendelwinkel vorgenommene "dicke" Schicht (30 d), die eine relativ klare Strukturzeichnung aufweist. Allerdings ist das eigentliche Spitzengebiet durch die längsgerichtete Verwischung wesentlich unüberschaubarer geworden. Auch eine Erhöhung der kV Zahl um 5 auf 60 kV bei 65 mA (30 e) bringt hier keine bessere Darstellung des Spitzengebietes. Diese bleibt somit praktisch der kreisförmigen Schicht vorbehalten (30 a).



Abbildung 30 a
kreisförmig



Abbildung 30 b
elliptisch



Abbildung 30 cm
linear



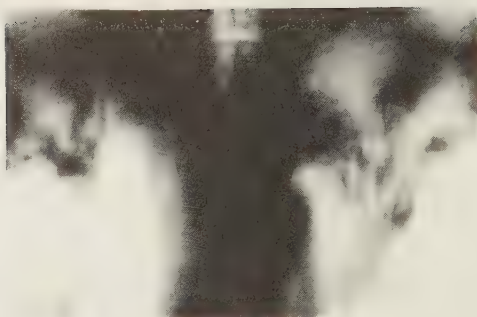
Abbildung 30 d
"dicke" lineare Schicht



Abbildung 30 e
"dicke" Schicht, plus 5 KV

Wegen der ausgesprochenen Schönheit und Klarheit des Bildes seien auch noch - in verschiedenen Schichttiefen (Abbildung 31) jeweils mit dem linearen Pendant mit Ausnahme von 9,0 cm linear - diese kreisförmigen Schichtbilder beider tuberkulös veränderten Lungenspitzen wiedergegeben, die im Gegensatz zur linearen Schicht erst eine einwandfreie röntgenologische Aktivitätsdiagnostik zulassen.

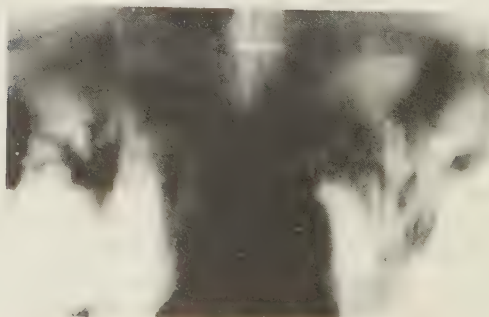
Abbildung 31:

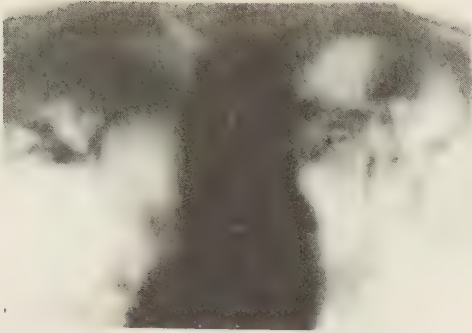


8,0 cm, linear

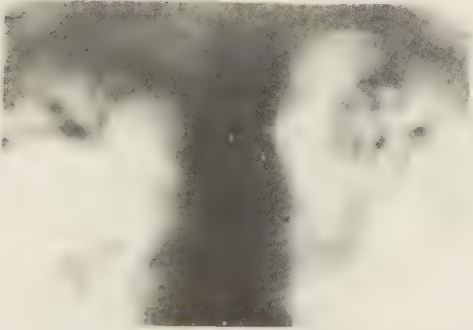


8,0 cm, kreisförmig





8,5 cm, kreisförmig

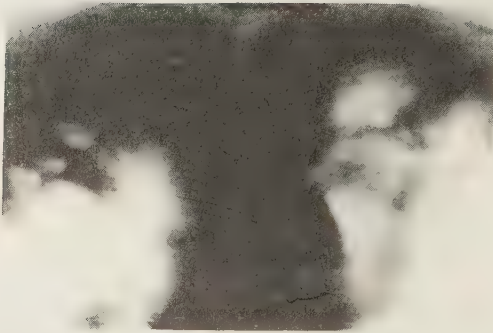


9,0 cm, kreisförmig

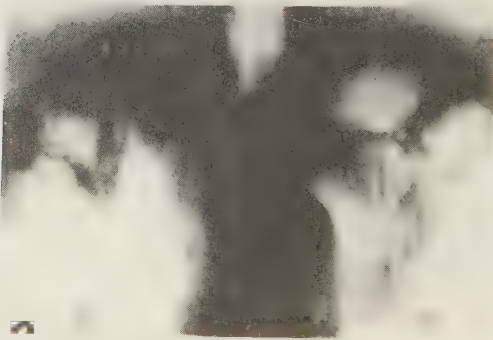


Р

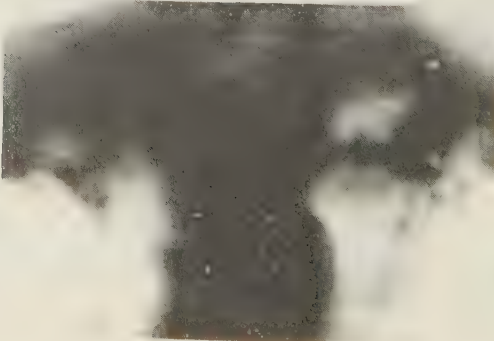
10,0 cm, linear



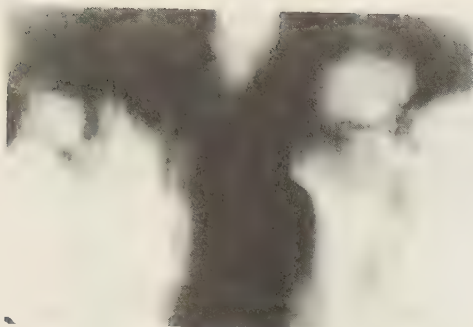
10,0 cm kreisförmig



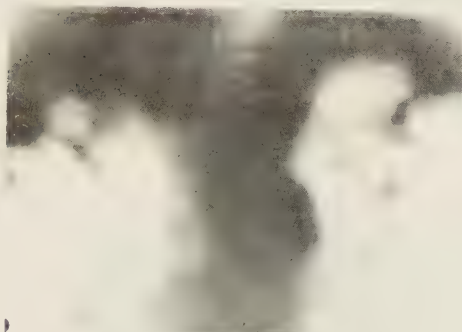
10,5 cm, linear



10,5 cm, kreisförmig



11,0 cm, linear



11,0 cm, kreisförmig

Das Bild einer tuberkulösen Nittniere begegnet uns heute nur selten. Während die elliptische (32 a) und kreisförmige (32 b) Verwischung hier nur aus dem Zusammenhang gerissene Einzelheiten der jeweiligen Schichttiefen aufweisen, sehen wir eine recht plastische und dem hier vorliegenden Befund entsprechende Darstellung in der linearen Verwischung (32 c). Dieser Vorteil ist allein auf die breitere Schichtebene und die schlechtere Störschattenverwischung zurückzuführen.



Abbildung 32 a, ap.



Abbildung 32 a, seitlich

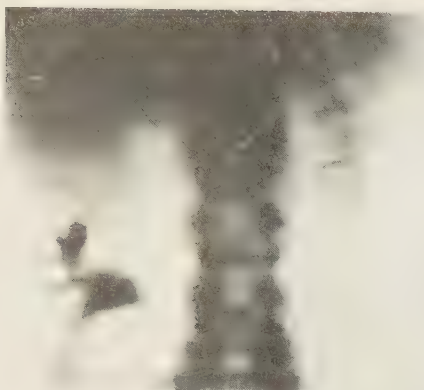


Abbildung 32 b, ap.

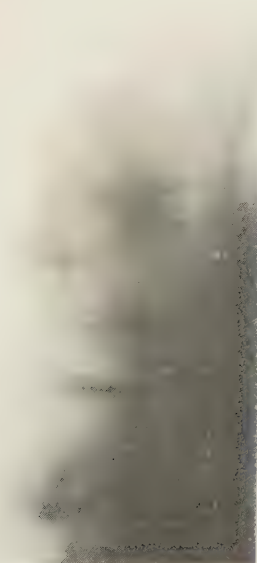


Abbildung 32 b, seitlich

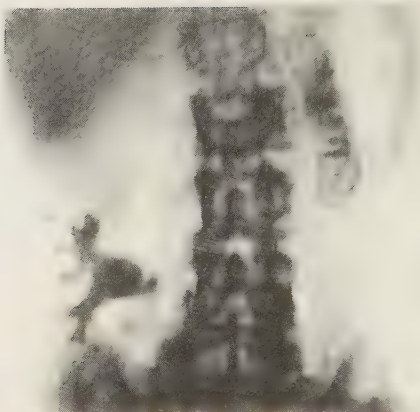


Abbildung 32 c, ap.



Abbildung 32 c, seitlich

Die folgenden Aufnahmen zeigen eine Nierenplanigraphie, einmal in linearer Verwischung (33 a) und einmal in kreisförmiger Verwischung (33 b), beide bei 7,0 cm. Während die lineare Schicht (33 a) ganz deutlich die zystischen Veränderungen beider Nieren besonders der rechten zeigt, und dabei auch eine recht klare Kelchzeichnung erkennen läßt, weist die kreisförmige Verwischung (33 b) nur andeutungsweise die zystischen Veränderungen auf. Die im unteren rechten Nierenpol gelegene Zyste kommt in der kreisförmigen Verwischung erst in 8,0 cm Tiefe (33 c) scharf zur Darstellung, während die übrigen Veränderungen auch hier verwaschen erscheinen. Dies spricht einmal für einen besseren Verwischungseffekt bei dünnerer Gewebeschicht, zum anderen für eine tiefergetreue Darstellung durch die kreisförmige Verwischung. So sieht man hier auch einzelne Kelche je nach ihrer Lage wesentlich schärfer gezeichnet als auf den linearen Schichtbildern, die lediglich den Gesamtkomplex besser erfassen und damit plastischer erscheinen lassen. Die lineare Verwischung dürfte hier jedoch - immer natürlich unter der Berücksichtigung einer breiteren Schichtebene und der fehlenden Tiefentreue - überlegen sein. Die kreisförmige Schicht wird dann in Frage kommen, wenn es um die exakte Darstellung von Einzelheiten, etwa einer einzelnen Kelchgruppe geht.

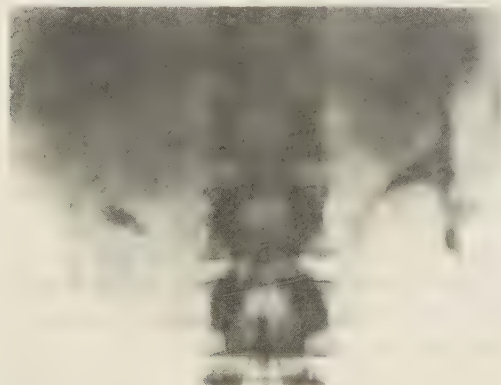


Abbildung 33 a, linear, 7,0 cm

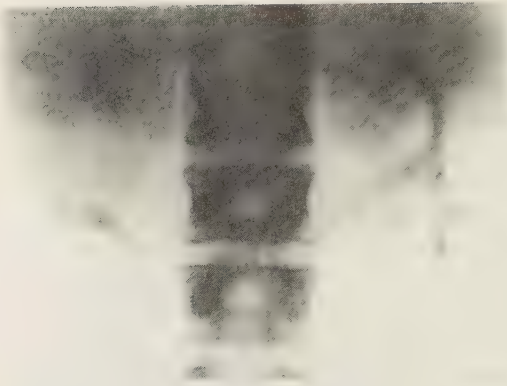


Abbildung 33 b kreisförmig 7,0 cm



Abbildung 33 c kreisförmig 8,0 cm

Die Gallenblasenschicht in 7 cm Tiefe bei kreisförmiger Verwischung einmal mit 60 kV und 800 mAs (34 a), dann mit 75 kV und 100 mAs (34 b), beide bei etwa gleicher Filmschwärzung mit 5 sec. Belichtungs- und Ablaufzeit zeigt eine kontrastreichere Darstellung durch die Erhöhung des mAs Produktes auf 800 (34 a).

Dadurch fallen die leichten Randunschärfen auch weniger ins Auge als auf dem mit 100 mAs belichteten Film (34 b). Etwas schärfer und kontrastreicher weist die lineare Verwischung in dünner Schicht (34 c) den Befund der Gallenkonkremente aus. Jedoch in der bildlichen Darstellung kaum zu übertreffen die dicke lineare Schicht (34 d), ebenfalls in 7 cm Tiefe mit gleicher Belichtung. Die Konkreme in ihrer Gesamtheit erscheinen plastisch und scharf gegenüber ihrer Umgebung abgesetzt. Dagegen überrascht die Kontrastarmut der Simultanschicht in dicker linearer Verwischung (34 e), diesmal im umgekehrten Verhältnis zu der jetzt kontrastreicher wirkenden dünnen linearen Simultanschicht (34 f). Die Ursache liegt hier in einer durch die kürzere Ablaufzeit erforderlichen Erhöhung des kV-Werte auf 90 gegenüber der dünnen Simultanschicht, die mit 80 kV belichtet wurde. So habe ich immer wieder bei Simultanschichten die Erfahrung machen müssen, daß eine Überschreitung des Grenzwertes von 80 kV zu einer mangelhaften Bildqualität führte.

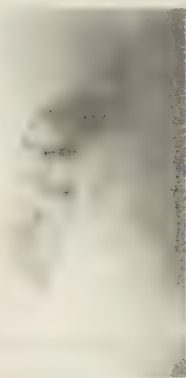


Abbildung 34 a



Abbildung 34 b



Abbildung 34 c



Abbildung 34 d

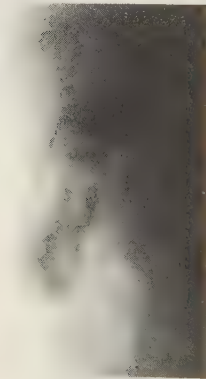


Abbildung 34 e

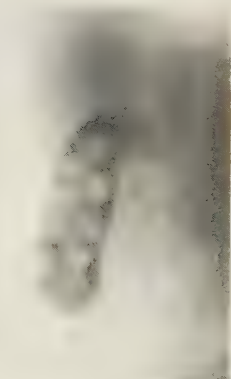


Abbildung 34 f

Diese Aufnahmen einer Gallenblasenschichtuntersuchung demonstrieren zwar nicht die Überlegenheit der mehrdimensionalen Verwischung, zumindest aber eine Äquivalenz der kreisförmigen (35 a), elliptischen (35 b) und linearen (35 c) Verwischung. Das auch unter Be-

rücksichtigung einer gewissen Kontrastarmut der mehrdimensionalen Verwischung (35 a und b), die dafür aber eine bessere Auslöschung der störend überlagernden Darmgasschatten bietet. Das letztere könnte sich also in der Detaildiagnostik in Einzelfällen als vorteilhaft in der Befunderhebung und Diagnosestellung erweisen. Die Abbildung größerer Gallenblasenkonkremente zeigt eine Konturunschärfe dieser Kontrastmittelaussparungen bei kreisförmiger Verwischung - dies auch in den nicht abgebildeten Nachbarschichten - wobei zu diskutieren ist, inwieweit dieser Effekt nun auf die Verwischung der Biligrafin-Füllung oder inwieweit dies auf die relativ lange Belichtungszeit von 5 sec. mit einer eventuell daraus resultierenden Unschärfe durch Atem- und Darmbewegungen zurückzuführen ist. Bemerkenswert aber auch der außerordentliche Kontrastreichtum der linearen Schicht.

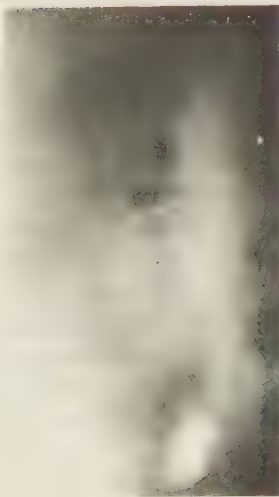


Abbildung 35 a



Abbildung 35 b



Abbildung 35 c

Auch hier die Reproduktion einer Schichtuntersuchung einer steingefüllten Gallenblase. Die Konkreme-
mente sind sehr klein, sie werden deutlich auf dem linearen Schichtbild (36 a), sie heben sich klar im Fundusge-
biet der Gallenblase ab. Die Schichttiefe beträgt 6 cm. Auf den Bildern der kreisförmigen Schicht
(36 b, c und d) kann man einen solchen Befund nicht ablesen, allenfalls angedeutet in 6 cm Tiefe (36 c).
Bei der starken Strahlentransparenzverminderung und Schattengebung durch die Kontrastmittelfüllung der
Gallenblase in direkter Nachbarschaft dieser nicht-
schattengebender Konkreme-
mente mit ihrem fast punktför-
migen Aufhellungsmuster innerhalb des Gallenblasenschat-
tens ist theoretisch und praktisch mit einer Störschat-
tenelimination nicht zu rechnen, so daß der stärkere
Verwischungseffekt der Kreisform mit ihrer pluridrek-
tionalen Verwischung zu einer intensiven Stör-
schattenüberlagerung mit entsprechender Herab-
setzung des Strahlentransparenzeffektes d.h. einer
Auslöschung des Bildes der nicht schattengeben-

den Konkrementen geführt hat. Interessant auch das Fehlen einer eigentlichen Gallengangsdarstellung in der kreisförmigen Verwischung gegenüber der linearen Schicht (36 a) der gleichen Tiefe (6 cm). Dies muß ebenfalls der tiefengetreueren Abbildung durch die kreisförmige Verwischung zugerechnet werden, denn wir sehen dann eine ziemlich klare Teil-Darstellung bei 7 und 8 cm. Der Gallengang ist nämlich weiter dorsal gelegen (Aufnahme in Bauchlage!), als es die lineare Schicht in 6 cm vermuten ließe. Es muß berücksichtigt werden, daß der Gallengang weitgehend in der Pendelrichtung der linearen Verwischung verläuft, so daß er in seiner Beziehung zur Pendelachse - auch im Hinblick auf eine etwaige längsgerichtete, d.h. kraniokaudal gerichtete Störschattenüberlagerung kleinerer nicht schattengebender Choledochuskonglomerate - zur Darstellung seiner kraniokaudal verlaufenden Anteile sowieso ungeeignet erscheint. Hier wäre eine Querverwischung sicherlich die bessere Lösung! Jedoch wird der Eindruck einer vollständigen Abbildung aller Choledochusabschnitte bewirkt (36 a), während dies bei der kreisförmigen Verwischung nicht der Fall ist. Obwohl dies ja kein eigentlicher Mangel der tiefengetreuen Darstellung ist, wirkt dieser Effekt der nur abschnittweisen Abbildung in der diagnostischen Auswertbarkeit sicherlich störend. Die weitere Analyse der Bilder zeigt - wie zu erwarten - eine deutlich bessere Störschattenverwischung der kreisförmigen Schicht. Die Wirbelsäule läßt sich hier nur erahnen, während sie auf der linearen Schicht (36 a) recht deutlich als Störschatten zur Geltung kommt.



Abbildung 36 a
6,0 cm, linear



Abbildung 36 b
7,0 cm, kreisförmig



Abbildung 36 c
6,0 cm, kreisförmig



Abbildung 36 d
8,0 cm, kreisförmig

Es handelt sich um ein verkalktes subscapulares Hämatom (37 a); differentialdiagnostisch konnte ein verkalkter Tumor ausgeschlossen werden. Gegenübergestellt sei auch hier die lineare der kreisförmigen Verwischung, und zwar in den Schichttiefen von 13, 15 und 16 cm. Das beste Bild in der Detailerkennbarkeit weist hier noch die lineare Verwischung (37 b, c, d) auf, die kreisförmige Schicht (37 c, f, g) bildet aus dem auf der Übersichtsaufnahme (37 a) inhomogen erscheinenden Schattengebilde praktisch eine fast ovale homogene Verdichtungszone. Bei der starken Schattenintensität in direkter Nachbarschaft kleinerer Aufhellungsgebiete konnte entsprechend dem Kommentar zu den Abbildungen 36 nur ein solcher Effekt einer diffusen Verschattung bzw. Verwischung erwartet werden.

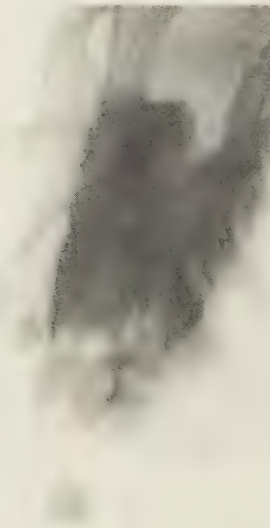


Abbildung 37 a



Abbildung 37 b
13,0 cm, linear



Abbildung 37 c
15,0 cm, linear



Abbildung 37 d
16,0 cm, linear



Abbildung 37 e
13,0 cm, kreisförmig



-Abbildung 37 f
15,0 cm, kreisförmig



Abbildung 37 g
16,0 cm, kreisförmig

E. Auswertung und Diskussion

Bei dem vorgelegten Bildmaterial handelt es sich um ausgewählte Fälle, die in jahrelanger Arbeit mit dem Universalplanigraphen und dem Multiplanigraphen zusammengestellt wurden. Aus der Fülle der im klinischen Routinebetrieb täglich anfallenden Schichtuntersuchungen habe ich jeweils die vom Bild und Befund her interessantesten Fälle ausgewählt. Ich habe dann entsprechend den vorgelegten Bildern bei diesen Patienten die verschiedenen Verwischungsarten und Belichtungstechniken angewandt. Dies geschah nicht unter Bevorzugung dieses oder jenes Verfahrens. Es ging mir lediglich um die Zielsetzung einer von vornherein objektiven Vergleichsbeobachtung. So wurden die Aufnahmen auch grundsätzlich ohne die Hilfe einer medizinisch-technischen Assistentin angefertigt, um subjektive Einflüsse von dieser Seite auszuschalten. Bis auf die Schichtaufnahmen der Skelettpräparate (6,9), die ich zum Teil handentwickelt habe, wurden sämtliche Aufnahmen durch die Entwicklermaschine gegeben, um auch möglichst konstante Entwicklungsbedingungen einzuhalten.

In den Jahren seit der Aufstellung des Multiplanigraphen in unserem Institut konnten Erfahrungen gesammelt werden, deren Resultat in dieser Arbeit wiedergegeben werden soll. Es wird bewußt auf theoretische Modellversuche und auf physikalische Untersuchungen verzichtet, der Ausgangspunkt soll allein die tägliche Routinearbeit mit dem Schichtgerät sein.

Wie schon erwähnt, ist eine klare Indikationsstellung - basierend auf der genauen Analyse der klinischen Daten und der Analyse der Summationsaufnahmen - unbedingte Voraussetzung. Die Indikation ist dann gegeben, wenn eine Röntgendiagnose nicht erstellt werden kann; jedoch das Röntgenbild Veränderungen aufweist,

die einer überlagerungsarmen Detailedarstellung bedürfen.

Weiterhin muß man sich darüber klar werden, was man darstellen will, warum man es darstellen will und wie man es optimal darstellt. Dabei ist zunächst einmal der Patient selbst zu berücksichtigen, und zwar ob sein Zustand überhaupt eine Schichtuntersuchung zuläßt. So ist es nicht angängig, bei einem Patienten etwa eine Weichteilschicht durchzuführen, der zu einem Atemstillstand gar nicht in der Lage ist. Das gleiche gilt für die Frakturdiagnostik. Es dürfte selbstverständlich sein, daß eine Diagnose bei einem frisch Unfallverletzten mit unstabilen Kreislaufverhältnissen nicht erzwungen werden sollte.

Bei der Festlegung des Strahlenganges muß davon ausgegangen werden, ob dem Patienten für die notwendige Untersuchungszeit eine bestimmte Lagerung zuzumuten ist. So werde ich mich bei einem dyspnoischen Patienten nach Möglichkeit zu einer Schichtuntersuchung im Sitzen entschließen. Über die Frage, ob im Sitzen oder im Liegen geschichtet werden sollte, ist bereits geschrieben worden (4) .

Ich bin der Meinung, daß man auf die sitzende Stellung weitgehend verzichten sollte. Sie bringt - insbesondere in der Lungendiagnostik - keine Vorteile. Ihr haftet gegenüber einer Lungenuntersuchung in Rückenlage der entscheidende Mangel an, daß bei einer späteren Kontrolluntersuchung die ursprüngliche Einstellung mit Sicherheit nicht reproduzierbar ist. Abgesehen von der Dyspnoe gibt es nur eine einzige Ausnahme, und zwar die Röntgenuntersuchung der unteren Halswirbelsäule, die im Liegen kaum durchführbar ist.

Als nächstes wäre die Einstellung am Patienten erforderlich. Hierbei ist auf eine möglichst exakte

Ausrichtung des Zentralstrahles auf das zu untersuchende Gebiet zu achten. Die Einblendung zur Vermeidung des Streustrahleneinflusses auf die Qualität des Bildes ist eine Selbstverständlichkeit.

Eine zu enge Einblendung wird jedoch keinen Gewinn bringen, da man daran denken sollte, möglichst anatomisch auffällige Nachbarorgane (z.B. Aortenknopf) als Bezugspunkte mit darzustellen.

Die Wahl der Schichttiefe wird sich aus der Anatomie bzw. aus der Analyse der in zwei Ebenen angefertigten Übersichtsaufnahmen ergeben.

Die Frage Simultan- oder Einzelschicht kann folgendermaßen beantwortet werden: die Simultanschicht kommt für die Darstellung von Veränderungen in Frage, die einmal eine größere Flächenausdehnung besitzen und zum anderen in ihrer Strahlendurchlässigkeit stark zu ihrer direkten Nachbarschaft kontrastieren. Damit ist bereits gesagt, daß die Simultanschicht ihre Domäne in der Weichteildiagnostik hat. Wie bereits demonstriert muß dabei eine Überschreitung des Grenzwertes von 80 kV vermieden werden, um nicht erhebliche Mängel der Bildqualität der Filme mit höherer Folienverstärkung in Kauf nehmen zu müssen. Dieses Problem wird sich besonders bei seitlichen Lungenschichten und grundsätzlich bei adipösen Patienten stellen.

Damit ist auch bereits das Problem der Folienverstärkung angeschnitten. Diamantfolien haben m.E. in der Schichtdiagnostik nichts zu suchen. Saphirfolien kommen immer dann in Frage, wenn bei Verwendung der meist gebrauchten Rubinfolie höhere kV-Werte (etwa mehr als 80 kV) zur Anwendung gelangen würden. Auch ist Voraussetzung, daß bei der höherverstärkenden

Folie ein gewisser Verlust der Zeichnungsschärfe in Kauf genommen werden kann. Somit wird die Saphierfolie vornehmlich ihren Gebrauch in der Weichteildiagnostik finden. Bewährt hat sie sich ebenfalls in der Wirbelsäulendiagnostik im frontalen Strahlengang.

Grundsätzlich ist zu sagen, daß die Frage der Belichtung von Schichtaufnahmen keine wesentliche Beeinflussung durch Erkenntnisse des Strahlenschutzes erfahren sollte. Um dabei gleich auf die sogenannte Hartstrahltechnik der Schichtuntersuchung einzugehen, seien die Vorteile, wie sie für die Bereiche der Weichteildiagnostik angegeben werden aufgezählt (Poppe, H. 11).

- 1) Ein Ausgleich des Kontrastumfanges mit der Möglichkeit zur Darstellung eines größeren Objektumfanges.
- 2) Eine entscheidende Verkürzung notwendiger Expositionszeiten mit der damit verminderten Gefahr einer Bewegungsunschärfe.
- 3) Eine wesentliche Minderung der Patienten-Dosis im Vergleich zu Röntgenuntersuchungen mit konventionellen Spannungen.

zu 1) Entfällt für die Schichtuntersuchung, da es sich nicht um ein Summationsbild handelt und der Objektumfang von vornherein gegeben ist.

zu 2) Eine Bewegungsunschärfe ist eine Gefahr der Schichtuntersuchung, die sich aus mechanischen Gründen des Bewegungsablaufes zur ausreichenden Verwischung nur in sehr engen Grenzen vermeiden lassen wird, so daß eine entscheidende Verkürzung der Expositionszeit - wie sie z.B. für Thoraxübersichtsaufnahmen gegeben ist - gar nicht durchführbar ist.

zu 3) Muß vernachlässigt werden, da eine strenge Indikation für die Schichtuntersuchung Voraussetzung ist und es sich somit nicht mehr um eine Routinemaßnahme mit ihren gebotenen strengen Vorsichtsmaßregeln handelt. Es geht allein um die Erhebung eines klaren Befundes, der nur mit optimal belichteten Schichtaufnahmen herbeigeführt werden kann, so daß die Frage der Strahlenbelastung in den Hintergrund treten muß.

Die kV-Werte entsprechen also praktisch den Werten der konventionellen Weichstrahltechnik. Zur Erzielung eines optimalen Kontrastumfanges, der gerade für die mehrdimensionale Schichtaufnahme wichtig ist, wird man auf möglichst hohe mAs-Produkte zurückgreifen müssen. Dieses Prinzip gilt für die Schichtuntersuchung allgemein, gleichgültig ob Weichteil- oder Knochendiagnostik. Eine einzige Ausnahme bildet die mehrdimensionale Schicht der Trachea und des Bronchialsystems (22). Und zwar scheint sich das Bronchialsystem (unter Einschaltung eines Hilusfilters) bei höheren kV-Werten besser von der Umgebung abzuheben, während bei der linearen Verwischung der Kontrastumfang mit höheren mAs-Werten größer zu werden scheint.

Die Belichtungszeit ist durch den Ablauf der Röhrenbewegung weitgehend vorgegeben und sollte zur Erzielung eines optimalen Kontrastes und auch eines optimalen Verwischungseffektes unter Ausnutzung der vollen Ablaufzeit großzügig gehandhabt werden. So habe ich mich in Einzelfällen (z.B. Lendenwirbelsäule im frontalen Strahlengang, Adipositas des Patienten) zur zweimaligen Belichtung desselben Filmes in derselben Schichttiefe entschlossen, da am Multiplanigraphen die maximale Belichtungszeit der linearen Verwischung mit 1,2 sec. vorgegeben ist.

Die Schichtdicke ist am Universal- und Multiplanigraphen nur bei der linearen Verwischung variabel. Sie wird sich nach der Tiefenausdehnung (im Strahlengang gesehen) des zu erwartenden pathologischen Befundes zu richten haben, um eine möglichst plastische Darstellung zu erzielen. Andererseits muß z.B. bei der Wahl der Zonographie die geringere Verwischung überlagernder Strukturen und auch die kurze Belichtungszeit berücksichtigt werden. Eine bevorzugte Anwendung dürften die sogenannte "dicke" Schicht und Zonographie in der Darstellung von Rippen, Sternum, Gallenblase und Niere finden. In der Gallenblasen- und Nierendiagnostik wird man allerdings bei stärkerer Überlagerung durch Darminhalt auf die Verwischung mit kleinem Pendelwinkel verzichten müssen.

Der zu wählende Abstand der einzelnen Schichten voneinander hat sich praktisch nach der durch den Pendelwinkel gegebenen Schichtdicke zu richten. So wird man üblicherweise bei der Zonographie mit Abständen von 2 cm auskommen, während sie bei der "dicken" Schicht 1 cm betragen sollten. Ich habe die Erfahrung gemacht, daß bei der dünnen linearen Verwischung Abstände von $1/2$ cm als ausreichend zu betrachten sind. Eine Ausnahme macht hier lediglich ein Suchverfahren zur Lokalisation von Veränderungen (z.B. intracerebrale Verkalkungen), die auf der vorangegangenen Übersichtsaufnahme jeweils nur im sagittalen oder frontalen Strahlengang zu erkennen waren und auch in der Durchleuchtung nicht sichtbar wurden, so daß ein "Auswandern" zur näheren Lokalisation damit nicht zu beobachten war. Dieses Schichtverfahren in 2 cm Abständen bewährt sich auch bei der Fahndung nach frischen Einschmelzungen innerhalb räumlich ausgedehnter pulmonaler tuberculöser Prozesse (Griesbach, R. und Kemper, F. 7). Da die mehrdimensionalen Verwischungsarten vorzugsweise in der Detaildiagnostik angewandt werden sollten, ist es ratsam, in Abständen

von 1 bis 2 höchstens 3 mm zu schichten.

"Es kommt nicht darauf an, schön, sondern wirksam zu verwischen" (Grossmann, G. 8). Ich bin der Meinung, daß ein Röntgenbild, das gut auf den Befund eingestellt ist, das gut belichtet wurde und damit den gesuchten Röntgenbefund in möglichst idealer Weise wiedergibt, in seiner bildlichen Qualität immer schön ist. So sollte der Untersucher in der Wahl unter den ihm zur Verfügung stehenden Verwischungsarten bedenken, daß Bildschärfe und Bildkontrast auf der einen Seite und der Verwischungsgrad auf der anderen Seite genau gegeneinander abzuwägen sind. Meine Erfahrungen - in den vorangegangenen Abbildungen an einigen Beispielen aus der Weichteil- und Knochendiagnostik dargelegt - haben dazu geführt, daß ich in der Darstellung feinerer struktureller Einzelheiten der kreisförmigen Verwischung den Vorzug gebe. Dies im Gegensatz zu anderen Autoren (Stieve, F.12, Bloedner, C.-D., 3). Sicherlich wird man bei querverlaufenden Überlagerungen in direkter Nachbarschaft der darzustellenden Gewebeschicht mit der elliptischen Verwischung eine bessere Störschattenauflösung erreichen (25b). Dies ist zurückzuführen auf die längsgerichtete Pendelhauptachse der Ellipse. Der stärkere Verwischungseffekt bringt aber in der Feindiagnostik den entscheidenden Nachteil auch einer stärkeren Bildunschärfe mit sich. Diese Begleiterscheinung trifft infolge des stärkeren Verwischungseffektes und der größeren Flächenauflösung der Störschatten auf alle mehrdimensionalen Verwischungsarten zu.

Jedoch zeigt das vorgelegte Bildmaterial, daß die kreisförmige Verwischung zu einer wohl eindeutig größeren Bildschärfe führt, so daß ich wegen der besseren Detailerkennbarkeit die kreisförmige Verwischung auch bei direkt subpleural gelegenen Be-

funden vorziehe. Die Kontrastarmut der mehrdimensionalen Verwischung ist ein Charakteristikum, das auf die dünnere Schichtdicke und auf die in der Fläche gesehen größere Störschattenelimination zurückgeführt werden muß. Ich halte sie aber nicht für entscheidend, so daß ich mich in der Wahl des Schichtverfahrens nicht von diesem Gesichtspunkt beeinflussen lassen würde.

Die mehrdimensionale Verwischung macht jedoch nicht eine genaue Bildanalyse entbehrlich, wie ich es anhand der Abbildungen demonstrieren konnte (21 a - c). Weiterhin sollte man sich davor hüten, die mehrdimensionale Verwischung zur Darstellung von stark strahlendurchlässigen Objekten zu verwenden, die zwei Voraussetzungen erfüllen: (36 a - d , 37)

- 1) Kleiner Durchmesser (in etwa 1 bis 2 mm)
- 2) Stark strahlenabsorbierende Umgebung,
mit größerer Flächenausdehnung.

Die lineare Verwischung sollte also der Weichteildiagnostik des Bauchraumes vorbehalten bleiben. Abgesehen vom Bronchialsystem des Hilusgebietes, sollte die kreisförmige Verwischung in der Lungendiagnostik wie auch im Skelettbereich Anwendung finden. Sie kommt auch für gezielte Detaildiagnostik von Niere und Galle in Frage. Das Sternum sollte mittels der Zonographie in Querverwischung dargestellt werden. Die Zonographie bewährt sich auch in der Schichtuntersuchung von Rippenanteilen. Sie eignet sich zur Lokalisation von intrakraniellen Verkalkungen, die auf der Übersichtsaufnahme nur in einer Ebene dargestellt werden konnten.

Das Simultanschichtverfahren sollte in der Darstellung räumlich größerer und kontrastreicher Veränderungen zur Anwendung gelangen, um zu einer Ver-

ringerung von Strahlenbelastung, Zeit- und Arbeitsaufwand zu kommen.

Vorteile der mehrdimensionalen Verwischung wurden beim Simultanschichtverfahren nicht gesehen.

F. Zusammenfassung

Ein- und mehrdimensionale Verwischungsverfahren wurden mit vergleichenden Schichtaufnahmen in ihren auf die praktische Anwendung bezogenen Vor- und Nachteilen demonstriert.

Das vorgelegte Bildmaterial spricht für eine Überlegenheit in der Bildgüte der kreisförmigen Verwischung und zwar im besonderen Hinblick auf die Detaildiagnostik. Auch wird dargelegt, daß das Auflösungsvermögen der elliptischen Verwischung im Hinblick auf die in direkter Nachbarschaft des darzustellenden Objektes überlagernde Strukturen besser ist, als in der linearen oder kreisförmigen Verwischung. Störend wird jedoch die mangelhafte Bildschärfe empfunden, die einerseits auf den größeren Verwischungsgrad andererseits sicher aber auch auf die mehr längsgerichtete Bewegung der elliptischen Verwischung zurückzuführen ist. Auch dürfte eine gewisse Bewegungsunschärfe durch den komplizierteren mechanischen Ablauf des Gerätes entstehen.

Die Arbeit befaßt sich mit den praktischen Anwendungsmöglichkeiten. Dabei wurde der größtmöglichen Effektivität im klinischen Routinebetrieb Beachtung gegeben.

Auf spezielle Fragestellungen wie z.B. die Innenohr-diagnostik wurde bewußt verzichtet.

Auch wurde nicht versäumt, auf Probleme der Belichtung, der Verstärkerfolien der Einstellung und Lagerung des Patienten hinzuweisen. Hierfür wurden Richtlinien angegeben.

- 1 BAYER, H.: Was leistet die Schichtaufnahme für die Röntgendiagnostik im hals-nasen-ohrenärztlich Bereich?
Radiologe 4 (1964), 388 - 392
- 2 BIRKNER, R.: Der tomographische Horizontalschnitt des Felsenbeins.
Fortschr. Röntgenstr. 71 (1949), 349 - 356
- 3 BLOEDNER, C.-D.: Die mehrdimensionale Verwischung im Schichtbild der Lunge.
Stuttgart: Georg Thieme-Verlag 1964
- 4 BLOEDNER, C.-D.: Schichtaufnahmen der Lunge in liegender oder aufrechter Haltung des Patienten?
Röntgen-Bl. 20 (1967), 13 - 19
- 5 COVA, P. L. u.
POMPILI, G.: Tomografia a strato spesso. I.
Radiol. med. (Torino) 43 (1957), 1057 - 1081

Tomografia a strato spesso. II.
Radiol. med. (Torino) 43 (1957), 1153 - 1173
- 6 FREY, K. W.: Schichtaufnahmen des Felsenbeines mit polyzyklischer Verwischung.
Fortschr. Röntgenstr. 85 (1956), 433 - 447
- 7 GRIESBACH, R.
u. KEMPER, F.: Röntgenschnittverfahren.
Stuttgart: Georg Thieme-Verlag 1955
- 8 GROSSMANN, G.: Tomographie. I.
Fortschr. Röntgenstr. 51 (1935), 61 - 80

Tomographie. II.
Fortschr. Röntgenstr. 51 (1935), 191 - 208
- 9 LINDBLOM, K.: On microtomography.
Acta radiol. (Stockh.) 42 (1954), 465 - 468

Rotation tomography at small angles.
Acta radiol. (Stockh.) 43 (1955), 30 - 36
- 10 PIGNATARO, E.: Schichtaufnahmen mit dicker und dünner Schicht bei vielfacher Strahlenrichtungsänderung.
Fortschr. Röntgenstr. 94 (1960), 261 - 270

- 11 POPPE, H.: Technik der Röntgendiagnostik.
Stuttgart: Georg Thieme-Verlag 1961
- 12 STIEVE, F.E.: Apparative Ausrüstung zur mehrdimensionalen
Tomographie.
Röntgen-Bl. 17 (1964), 369 - 400
- 13 STROHM, CH.,
BUCHMANN, F.u.
SCHENDEL, S.: Der Einfluß der Einblendung auf die Detail-
erkennbarkeit im Schichtbild.
Röntgen-Bl. 17 (1964), 442 - 457
- 14 DE WAARD, R.H.: De beteekenis van de mate der vervaging
bij de planigrafische beeldvorming.
Ned. T. Geneesk 85 (1941), 2015

Planigrafie met weinig vervaging.
Ned. T. Geneesk 90 (1946), 1594
- 15 WESTRA, D.: Zonographie, die Tomographie mit sehr
geringer Verwischung.
Fortschr. Röntgenstr. 97 (1962), 605 - 618
- 16 ZIEDSES DES
PLANTES, B.G.: Geometrische Probleme der Tomographie.
Röntgen-Bl. 17 (1964), 357 - 368

Besonderen Dank schulde ich Herrn Professor Dr.med.Rudolf Birkner für die Überlassung des Themas und die Ermöglichung der Durchführung der Arbeit in seinem Institut.

Lebenslauf

Am 3. März 1935 wurde ich als Sohn des Kunsthändlers Ernst-Otto Oldenburg und seiner Ehefrau Edith Oldenburg, geb. Alberti, in Berlin geboren. Nach dem Besuch der Grundschule kam ich 1946 auf das Paulsen-Realgymnasium in Berlin-Steglitz, an dem ich im Jahre 1955 das Abitur bestand. Seit dem Sommersemester 1955 Medizinstudium an der Freien Universität Berlin. Nach Unterbrechungen zur Finanzierung des Studiums bestand ich 1959 das Physikum und legte 1963 an der Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin das Staatsexamen mit dem Prädikat "Gut" ab. Nach Absolvierung der vorgeschriebenen Medizinalassistentenzeit an verschiedenen Kreiskrankenhäusern der Bundesrepublik erhielt ich im Juli 1965 die Approbation als Arzt. Von 1965 bis 1966 habe ich als Assistenzarzt im Ev. Krankenhaus Hubertus, Berlin-Schlachtensee, Innere Abteilung, gearbeitet. Seit 1966 arbeite ich im Röntgeninstitut und der Strahlentherapeutischen Abteilung des Städt. Krankenhauses Moabit, Berlin 21, Dirig. Arzt: Professor Dr. med. Rudolf Birkner. Im April 1970 erfolgte die Anerkennung als Facharzt für Röntgenologie und Strahlenheilkunde. Im Juni 1970 wurde ich zum Oberarzt der oben angeführten Abteilung des Städt. Krankenhauses Moabit ernannt.

